

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

G 01 s, 9/56

G 08 g, 5/04

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 21 a4, 48/63
74 d1, 5/04

10

11

21

22

43

Offenlegungsschrift 2146498

Aktenzeichen: P 21 46 498.2

Anmeldetag: 17. September 1971

Offenlegungstag: 22. März 1973

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung: Verfahren zur Ermittlung von Positionen von Luftfahrzeugen und zu deren Übermittlung an mindestens ein Luftfahrzeug

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8000 München

Vertreter gem. § 16 PatG: —

72

Als Erfinder benannt: Palm, Gustav, Dipl.-Ing., 8021 Sauerlach

DT 2146498

Messerschmitt-Bölkow-Blohm
Gesellschaft mit beschränkter
Haftung
M ü n c h e n

Ottobrunn, den 09.09.71
7291
B 511 Pu/bk

2146498

Verfahren zur Ermittlung von Positionen von Luftfahr-
zeugen und zu deren Übermittlung an mindestens ein
Luftfahrzeug.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von
Positionen von Luftfahrzeugen und zu deren Übermittlung
von einer Bodenstation aus zu allen im Erfassungsbereich
der Bodenstation befindlichen Luftfahrzeugen.

Alle Luftfahrzeuge in einem Erfassungsraum beinhaltende
Luftlagedarstellungen sind bisher lediglich am Boden
durchgeführt worden. Eine Luftlagedarstellung im Cockpit
eines Luftfahrzeuges ist bisher an Raum- und Kostengründen

309812/1051

BAD ORIGINAL

2146498

gescheitert. Lediglich solche Flugzeuge, die über ein eigenes Radar verfügen, können eine Luftlagedarstellung innerhalb des Flugzeuges durchführen. Diese ist jedoch nur beschränkt möglich, da mit Hilfe des bordeigenen Radars nur ein bestimmter vor dem Flugzeug liegender Sektor einsehbar ist. Insbesondere kleinere Luftfahrzeuge können aus Platz-, Gewichts- und Kostengründen mit einem Radarsystem nicht ausgestattet werden.

Die zunehmende Verkehrsdichte im Luftraum erfordert jedoch, daß neben der Überwachung des Luftraumes durch eine Bodenstation auch dem Luftfahrzeugführer eine Luftlagedarstellung an Bord des Luftfahrzeuges dargeboten wird, um ihm die Führung des Luftfahrzeuges längs eines kollisionsfreien Kurses zu erleichtern.

Bisher wurden aus Raum- und Kostengründen bei kleineren Flugzeugen nur Streckennavigationsverfahren wie VOR, ADF u.ä. eingesetzt. Flächennavigationsverfahren wie z.B. Inertialnavigationsverfahren, Verfahren unter Zuhilfenahme von Bordcomputern sind aus obengenannten Gründen nur größeren Luftfahrzeugen vorbehalten.

Die zunehmende Verkehrsdichte macht es aber wünschenswert, möglichst alle Luftfahrzeuge mit Einrichtungen zur Durchführung einer Flächennavigation auszurüsten, um eine bessere Luftraumnutzung zu erreichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, dem Führer eines Luftfahrzeuges seine eigene und die Position der im Bereiche einer Bodenstation befindlichen Luftfahrzeuge anzuzeigen, um ihm die Navigation zu erleichtern und das Vermeiden von Kollisionen mit anderen, den gleichen Luftraum benutzenden Luftfahrzeugen zu ermöglichen.

309812/1051

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß alle Positionen von Luftfahrzeugen in einem bestimmten Luftbereich, die durch Primär- und/oder Sekundärradar-Abtastung in einer Bodenstation bekannt sind, in erdfeste Zielkoordinaten (Koordinaten der Luftfahrzeuge) umgerechnet werden, daß den errechneten Zielkoordinaten Identifikationssignale (Kennung des jeweiligen Luftfahrzeuges) und bekannte oder unbekannte Höheninformationen für je ein Luftfahrzeug zugeordnet werden und daß die so gebildeten Ziel- Informationsgruppen in eine Modulationsform übergeführt werden, die geeignet ist, die Informationsgruppen mit dem Sekundärradarsystem innerhalb der Pausen zwischen zwei Abfrageimpulsgruppen des Sekundärradarsystems in den durch dieses bedeckten Luftraum abzustrahlen.

Auf diese Weise lassen sich mit Hilfe eines zu modifizierenden Sekundärradarsystems, bei dem bekanntlich nicht die vom angestrahnten Objekt reflektierte, sondern die von einem im Objekt befindlichen Sender erzeugte und ausgestrahlte Energie von der Bodenstation empfangen wird, alle die Informationen auf das Objekt übertragen, die zu einer Luftlagedarstellung notwendig sind.

Der zusätzliche Aufwand hierfür ist gering, da ohnehin für die Luftraumüberwachung in der Bodenstation auch kleinere Flugzeuge mit sog. Transpondern - Antwortsender im Flugzeug, die von empfangenen Radarimpulsen ausgelöst, auf anderer Wellenlänge mit zusätzlichen Informationen versehene Antwortimpulse ausstrahlen - zur Kennung ihres Luftfahrzeuges für die überwachende Bodenstation auszurüsten sind.

Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß mit Hilfe der Luftlagedarstellung auch Flugzeuge eine Flächennavigation durchführen können und damit in die Lage versetzt werden, jeden beliebigen Flugweg zu fliegen und diesen auch an Bord zu kontrollieren.

Darüber hinaus ist die erfindungsgemäße Luftlagedarstellung an Bord ein ausgezeichnetes Hilfsmittel, Kollisionen mit anderen innerhalb dieses Luftraumes befindlichen Luftfahrzeugen zu vermeiden.

Die Zielinformations-Impulsgruppen können sowohl über das Rundstrahl- als auch über das Richtstrahldiagramm des Sekundärradarsystems abgestrahlt werden.

Um die Luftlagedarstellung oder -anzeige möglichst übersichtlich zu gestalten, ist es nach einem weiteren Merkmal der Erfindung möglich, diese nur für bestimmte Flughöhenbereiche durchzuführen.

Unabhängig davon können unbekannte Flugobjekte, also solche Luftfahrzeuge, denen keine bestimmte Höhe zuzuordnen ist und die daher jede beliebige Höhe besitzen können, vom Flugzeugführer erkannt und damit umflogen werden.

Darüber hinaus ist von besonderem Vorteil, daß kein anderes und kein größeres Frequenzband als das des bisherigen Sekundärradarsystems benutzt wird, und daß das Verfahren voll kompatibel ist.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird also die Flugsicherheit erhöht und die Navigation erleichtert.

Alles Nähere über die Erfindung ergibt sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung, in der in Verbindung mit einem an sich bekannten Sekundärradarsystem das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben ist. Im einzelnen zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Sekundärradars als Bodenstation;

- Figur 2 eine in der Bodenstation zum Einsatz gelangende Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 3 eine an Bord des Flugzeugs zum Einsatz gelangende Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und
- Figur 4 einen Impulsplan.

Um das Verständnis der Erfindung zu erleichtern, sei vorab die Funktion eines Sekundärradarsystems beschrieben. Eine Bodenstation 10, vgl. Figur 1, sendet in regelmäßigem Abstand, z.B. alle 5 ms, über eine sich im Azimut mit etwa 10 U/min drehende Richtantenne 11 und eine zweite Rundstrahlantenne 11A (die aus zeichentechnischen Gründen nicht näher dargestellt ist), Abfrageimpulsgruppen 12 aus, und zwar die Impulse P_1 , P_3 über die Richtantenne, P_2 über die Rundstrahlantenne 11A, die von einem im Flugzeug 14 enthaltenen, hier nicht näher dargestellten Transpondersystem 30 empfangen und dekodiert werden. In diesem Transponder wird aus dem Abstand des ersten Impulses P_1 zum dritten Impuls P_3 der Abfrageimpulsgruppe der "Mode" ermittelt, in welchem die Bodenstation 10 arbeitet. Dieser "Mode" gibt dem Flugzeug den Inhalt der Antwortimpulsgruppe 15 vor, die sein Transponder auf die Abfrage auszusenden hat. Zur Zeit wird mit dem "Mode A/3" - Impulsabstand $P_1 - P_3 = 8 \mu s$ - und dem "Mode c" - Impulsabstand $P_1 - P_3 = 21 \mu s$, - gearbeitet.

Wird mit dem "Mode A" gearbeitet, so ist im Transponder 30 des Flugzeugs die Antwortimpulsgruppe 15 mit einem Identifikationscode zu versehen, wird mit dem "Mode C" gearbeitet, so ist vom Transponder der Antwortimpulsgruppe die vom Flugzeug geflogene barometrische Höhe aufzukodieren; diese Eigenschaften eines Transponders sind z.B. in der Rahmenvorschrift "Federal Aviation Regulations, Part 37- Technical Standard Order Autorizations, Sektion 37.180 vorgeschrieben, der auch weitere Einzelheiten zu entnehmen sind.

309812/1051

-6-

BAD ORIGINAL

In der Bodenstation wird aus der Laufzeit von Abfrageimpulsgruppe und der in der Bodenstation empfangenen Antwortimpulsgruppe des Flugzeugs in Verbindung mit der momentanen Stellung der Sendeantenne 11 automatisch die Entfernung des Flugzeuges, sein Azimutwinkel gegen Nord, seine Identität und seine barometrische Flughöhe ermittelt. Diese Informationen werden dem im hier nicht dargestellten Tower befindlichen Flugsicherungslotsen auf einem Bildschirm oder anderen Anzeigeeinheiten dargestellt, der so Informationen über all diejenigen Luftfahrzeuge erhält, die mit einem Sekundärradartransponder ausgerüstet sind.

Er kann daher die für den reibungslosen und sicheren Ablauf des Luftverkehrs notwendigen genauen Standorte - Azimutwinkel, Entfernung und Höhe - der Luftfahrzeuge und ihre Identität in dem zu überwachenden Luftraum erkennen und gibt diese samt seinen Anweisungen per Sprechfunk dem jeweiligen Flugzeugführer bekannt, falls dies erforderlich ist.

Um nun unter Benutzung des im Flugzeug vorhandenen Transponders eine Luftlagedarstellung auch an Bord des Flugzeugs durchführen zu können - im einfachsten Falle in Form einer Ziffernanzeige für ein oder mehrere Luftfahrzeuge - werden die vom Sekundärradar gemessenen oder sonstwie am Boden bekannten (z.B. von einem nicht dargestellten mitlaufenden Primärradar bekannten Koordinaten) Zielkoordinaten, nämlich die Schrägentfernung R , der Azimut α , die barometrische Höhe h , die Identifikation k , wie Figur 2 zeigt, einer mit einem Rechner versehenen Datenverarbeitungsanlage 20 übermittelt, wo sie in geographische Koordinaten umgerechnet werden. Im nächstmöglichen als empfangsfrei erkannten Zeitintervall werden diese Daten als Zielinformation - Impulsgruppe 16 - über das Rundstrahldiagramm der Bodenstation 10 wieder abgestrahlt und können vom Flugzeug empfangen werden.

-7-

309812/1051

BAD ORIGINAL

Nach einer vollen Antennenumdrehung der Richtantenne 11 sind somit alle im Erfassungsbereich der Bodenanlage liegenden Zielkoordinaten ermittelt, berechnet und wieder abgestrahlt worden. Damit sind an Bord jedes im Erfassungsbereich der Bodenanlage befindlichen und mit einem Transponder versehenen Luftfahrzeuges die Zielkoordinaten bekannt und werden nach jeder Antennenumdrehung erneuert.

Um die Impulstruppe 16 von der Abfrage-Impulsgruppe 12 unterscheiden zu können, wird für diese eine größere Impulslänge von ca. $1,6 \mu\text{s}$ mit einer Pause von $0,8 \mu\text{s}$ gewählt, vgl. Figur 4. Es werden dieselben Impulsflanken vorgesehen, wie bei den Abfrageimpulsen P_1 , P_2 , P_3 , um innerhalb der Sekundär-radarbandbreite zu bleiben.

Infolge der vergrößerten Impulslänge führen diese verlängerten Impulse zu keiner Antwortauslösung am Transponder des Flugzeuges, da die Impulslänge d der Impulse der Impulsgruppe 16 stets den zeitlichen Bereich der Impulse P_1 und P_2 der Abfrageimpulsgruppe 12 überdecken und pflichtgemäß damit eine Antwortauslösung unterdrücken. Zweitens werden durch Impulslängendiskrimination diese Impulse im Transponder aufgrund ihrer größeren Dauer als Zielinformationspulse erkannt. Die Länge des gesamten Pulszuges 16 nimmt je nach Informationsinhalt, Anzahl der notwendigen Bit, Werte zwischen etwa $70 \mu\text{s}$ und $110 \mu\text{s}$ an, vgl. Figur 4.

Die zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens geeignete Bodenstation weist u.a. die schon genannte Rundstrahlantenne 11 des Sekundärradarsystems, die über eine Weiche 21 mit einem Sender 22 und einem Empfänger 23 verbunden ist, einen Modulator 24 und die ebenfalls schon erwähnte Datenverarbeitungsanlage 20 auf, vgl. Figur 2.

Da die Genauigkeit der Entfernungs- und Azimutbestimmung bei dem Sekundärradar schlechter als beim Primärradar ist, bei dem bekanntlich die vom angestrahlten Objekt reflektierte

Energie empfangen wird, und z.B. wegen Ausfalls nicht alle Transponder auswertbar antworten könnten, ist meistens für die Luftraumüberwachung neben dem Sekundärradar auch das schon erwähnte Primärradar vorhanden. Die Trigger- und Zielimpulse zusammen mit den Winkelinformationen der hier nicht dargestellten Primärradaranlage werden über Leitungen 29 und 25 der Datenverarbeitungsanlage 20 zugeführt, die im vorliegenden Falle einen Radarzielextraktor beinhalten muß zur Umsetzung der originären Radarinformationen in eine datenverarbeitungsfähige Form.

Auf diese Weise können in der Datenverarbeitungsanlage 20 auch andere, als nur vom Sekundärradar erhaltene Luftfahrzeugpositionen an Zielinformationen aufbereitet und wie vorher beschrieben, abgestrahlt werden.

Die modulierten Impulsgruppen 16 werden immer innerhalb der Pausen zwischen zwei Abfrageimpulsgruppen 12 abgestrahlt, in denen aufgrund vorheriger Messungen keine Antwortimpulse von angemessenen Luftfahrzeugen zu erwarten sind.

Die Impulsgruppen 16 können dabei sowohl über das Rundstrahl-
diagramm als auch in einer modifizierten Version über das Richtdiagramm des Sekundärsystems abgestrahlt werden.
Selbstverständlich kann die Abstrahlung der Zielinformations-
Impulsgruppen über eine gesonderte Anlage mit Sender und Antenne erfolgen.

Der im Flugzeug zu verwendende, in Figur 3 nur schematisch dargestellte Transponder 30, der u.a. ebenfalls mindestens eine Antenne 31 aufweist, die über eine Weiche 32 mit einem Empfänger 33 und mit einem Sender 34 verbunden ist, welche z.B. von einem gemeinsamen Oszillator 36 gespeist werden könnte, wobei der Sender zusätzlich einen Modulator 37 aufweist, ist zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens mit zusätzlichen Baugruppen zu versehen. Dies sind eine Einrichtung 40 zur Pulslängen- und Zielinformationsdekodierung,

die über eine Leitung 41 mit dem Empfänger 33 verbunden ist, eine Einrichtung 42 zur Zielhöhendiskriminierung und eine Einrichtung 43 zur Identitätsdiskriminierung. Beide Einrichtungen sind mit der Einrichtung 40 direkt verbunden. Die Ausgänge 45, 46 und 47 der Einrichtungen 40, 42 und 43 führen zu einem Schaltwerk S, über das die Luftlageanzeigevorrichtung 48 gespeist wird. Über die Einrichtung 43 zur Identitätsdiskriminierung kann ferner eine Einrichtung 49 zur Anzeige des eigenen Standortes gespeist werden.

Die an Bord des Flugzeuges über den beschriebenen Transponder eingegangene Zielinformation - Impulsgruppe 16 - wird also nach ihrer Dekodierung zur Anzeige gebracht, wobei je nach Anzeigewünschen sowohl eine Anzeige aller Ziele, also der kompletten Luftlage (Ausgang 45), als auch nur die Anzeige von Zielen in bestimmten Flughöhenbereichen (Ausgang 46) oder nur der eigenen Zielinformation (Ausgang 47) unter Vermittlung des Schalters S über die Anzeigevorrichtung 48 durchgeführt werden kann. Durch den Zielhöhendiskriminator 42 werden nur die in einer bestimmten Flughöhe liegenden Ziele und durch den Identitätsdiskriminator 43 nur der eigene Standort aus der empfangenen Impulsgruppe 16 ermittelt, so daß mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens sowohl durch Dekodierung des Identitätsteils eine Navigationshilfe als auch durch die Anzeige anderer im eigenen Lufthöhenbereich fliegender Ziele durch Dekodierung im Zielhöhendiskriminator, eine Kollisionswarnung an Bord des Flugzeuges durchgeführt werden kann.

Da gleichzeitig auch die von der Primärradaranlage ermittelten Ziele von der Datenverarbeitungsanlage 20 aufbereitet und den Zielinformationen aufgeschaltet werden, sind diese an Bord des Luftfahrzeuges als besonders gefährliche Ziele erkennbar, da sie auf die Sekundärradarabfrage als im "Mode C" nicht auswertbar antwortend, jede beliebige Flughöhe haben können. Dies wird an Bord dadurch erkannt, daß im

- 10 -

309812/1051

BAD ORIGINAL

Zielhöhendiskriminator eine entsprechend erhaltene Information abgeleitet wird.

Mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens können auf einfache und kostensparende Weise vor allem auch kleinere Flugzeuge mit einem Flächen-Navigations- und Kollisionswarnsystem ausgestattet werden, das die Führung des Luftfahrzeuges erheblich erleichtert. Es ist lediglich sicherzustellen, daß das für das Sekundärradar benützte Frequenzband durch die zusätzliche Pulsübertragung nicht erweitert und die Antwortwahrscheinlichkeit der Transponder aufgrund der zusätzlichen Zielinformationen nicht unzulässig beeinflußt wird, was ohne besondere Schwierigkeiten eingehalten werden kann. Damit ist das beschriebene Verfahren zum bisher bekannten Sekundärradarsystem kompatibel.

Die Sendefrequenz des Transponders liegt normgemäß bei 1090 MHz, die Sendefrequenz der Sekundärradarbodenstation auf 1030 MHz. Bei zu starker Belegung der Sekundärradar-Sendefrequenz wird die Zielinformation auch bei diesem alternativen Vorschlag auf einer Sendefrequenz von 1150 MHz von der Bodenstation ausgesendet werden.

In diesem Fall ist im Transponder eine zweite Eingangsstufe 50 für diese Empfangsfrequenz 1150 MHz vorgesehen, die durch eine Schalterstufe 51 von der Antenne 31 getrennt werden kann. Der Zwischenverstärker ist wieder gemeinsam. Diese Lösung hat den Vorteil, daß im Transponder der Empfang von Zielinformation abgeschaltet werden kann, und der Transponder wie bisher arbeitet.

-Patentansprüche-

309812/1051

BAD ORIGINAL

Messerschmitt-Bölkow-Blohm
Gesellschaft mit beschränkter
Haftung
M ü n c h e n

Ottobrunn, den 09.09.71
7291
B 511 Pu/bk

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung von Positionen von Luftfahrzeugen und zu deren Übermittlung von einer Bodenstation aus zu allen im Erfassungsbereich der Bodenstation liegenden Luftfahrzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß alle Positionen von Luftfahrzeugen in einem bestimmten Luftbereich, die durch Primär- und/oder Sekundärradar-Abtastung in der Bodenstation bekannt sind, in erdfeste Zielkoordinaten (Koordinaten der Luftfahrzeuge) umgerechnet werden, daß den errechneten Zielkoordinaten Identifikationssignale (Kennung des jeweiligen Luftfahrzeuges) und bekannte oder unbekannte Höheninformationen für je ein Luftfahrzeug zugeordnet werden und daß die so gebildeten Zielinformations-Impulsgruppen in eine Modulationsform überführt werden, die geeignet ist, diese Zielinformations-Impulsgruppen mit dem Sekundärradarsystem innerhalb der Pausen zwischen zwei Abfrageimpulsgruppen des Sekundärradarsystems in den durch dieses bedeckten Luftraum abzustrahlen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierten Zielinformations-Impulsgruppen innerhalb der Pausen zwischen zwei Abfrageimpulsgruppen zu Zeitpunkten abgestrahlt werden, in denen aufgrund vorheriger Messungen keine Antwortimpulse von angemessenen Luftfahrzeugen zu erwarten sind.

309812/1051

14.0000 0-1
BAD ORIGINAL

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierten Zielinformations-Impulsgruppen über das Rundstrahl-diagramm des Sekundärradarsystems abgestrahlt werden.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierten Zielinformations-Impulsgruppen über das Richtstrahl-diagramm des Sekundärradarsystems abgestrahlt werden.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftlagedarstellung lediglich für vorbestimmte Flughöhenbereiche durchgeführt wird.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftlagedarstellung nur für die mit bestimmten Identifikationen versehenen Ziele durchgeführt wird.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierten Zielinformations-Impulsgruppen auf der Sekundärradar-Abfragefrequenz (1030 MHz) kompatibel zum Sekundärradarsystem gesendet werden.
8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierte Zielinformations-Impulsgruppe auf einer um 60 MHz über der Transponder-Antwortfrequenz liegenden Frequenz (1150 MHz) gesendet werden.
9. Verfahren nach den Ansprüchen 1, 2 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstrahlung der

309812/1051

BAD ORIGINAL

Zielinformations-Impulsgruppen über eine eigene Anlage mit Sender und Antenne erfolgt.

10. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7 , dadurch gekennzeichnet , daß die modulierten Zielinformations-Impulsgruppen an Bord des Luftfahrzeuges durch Pulslängendiskrimination als Frage- oder Mitteilungsimpuls identifiziert werden.
11. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7 , dadurch gekennzeichnet , daß unerwünschte Antworten auf Zielinformationsimpulse durch Ausnützung der Seitenzipfelunterdrückungsschaltung an der Bordstation des Luftfahrzeuges verhindert werden.

309812/1051

BAD ORIGINAL

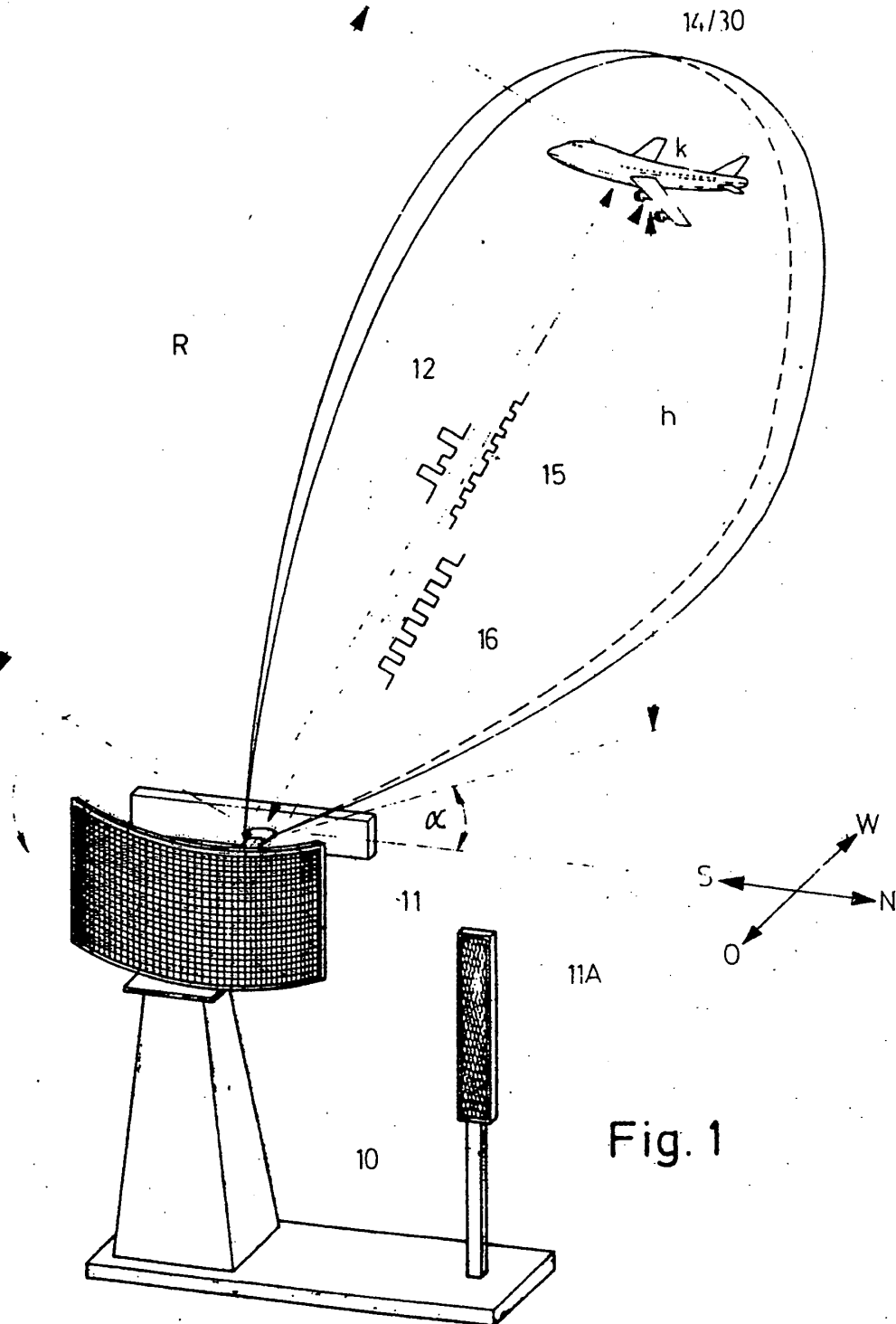


Fig. 1

21a4 48-63 AT 17.09.71 OT 22.03.73

309812/1051

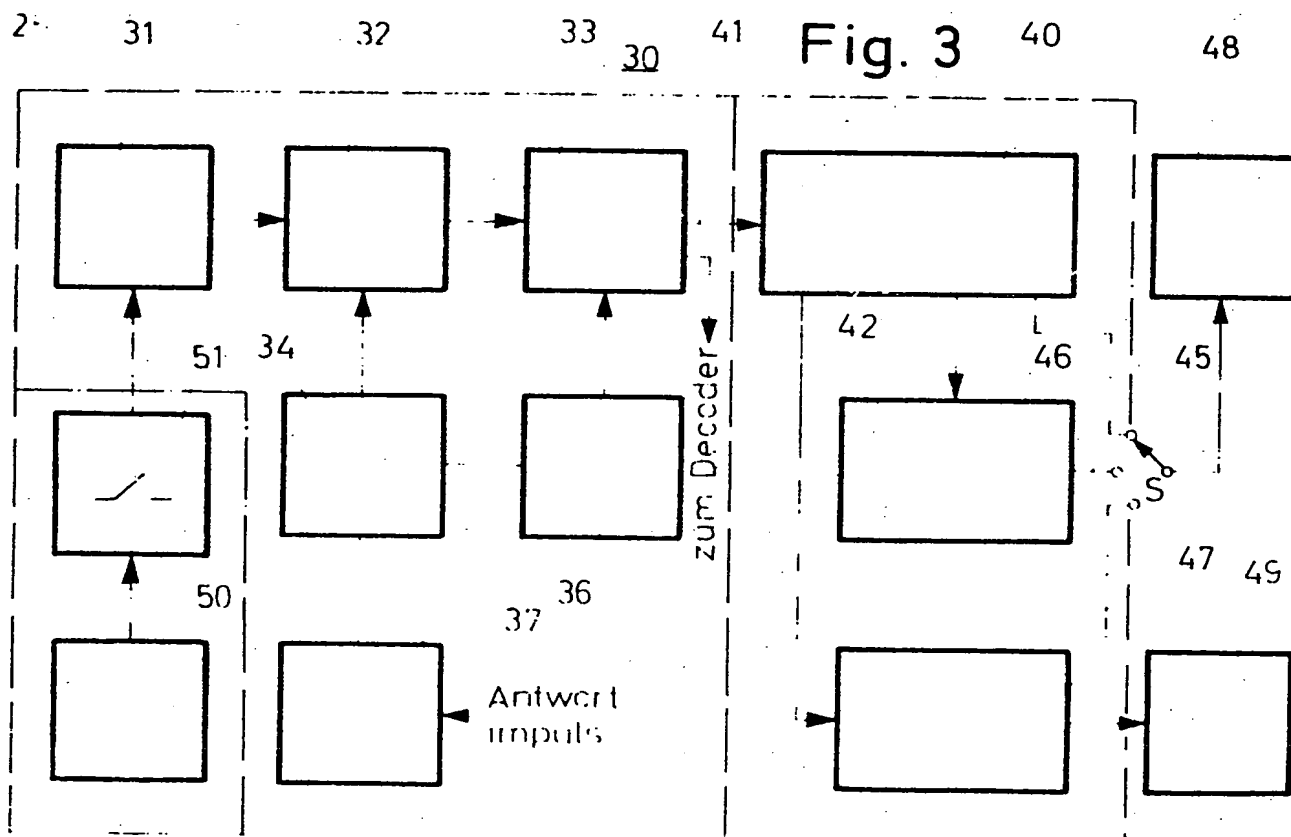
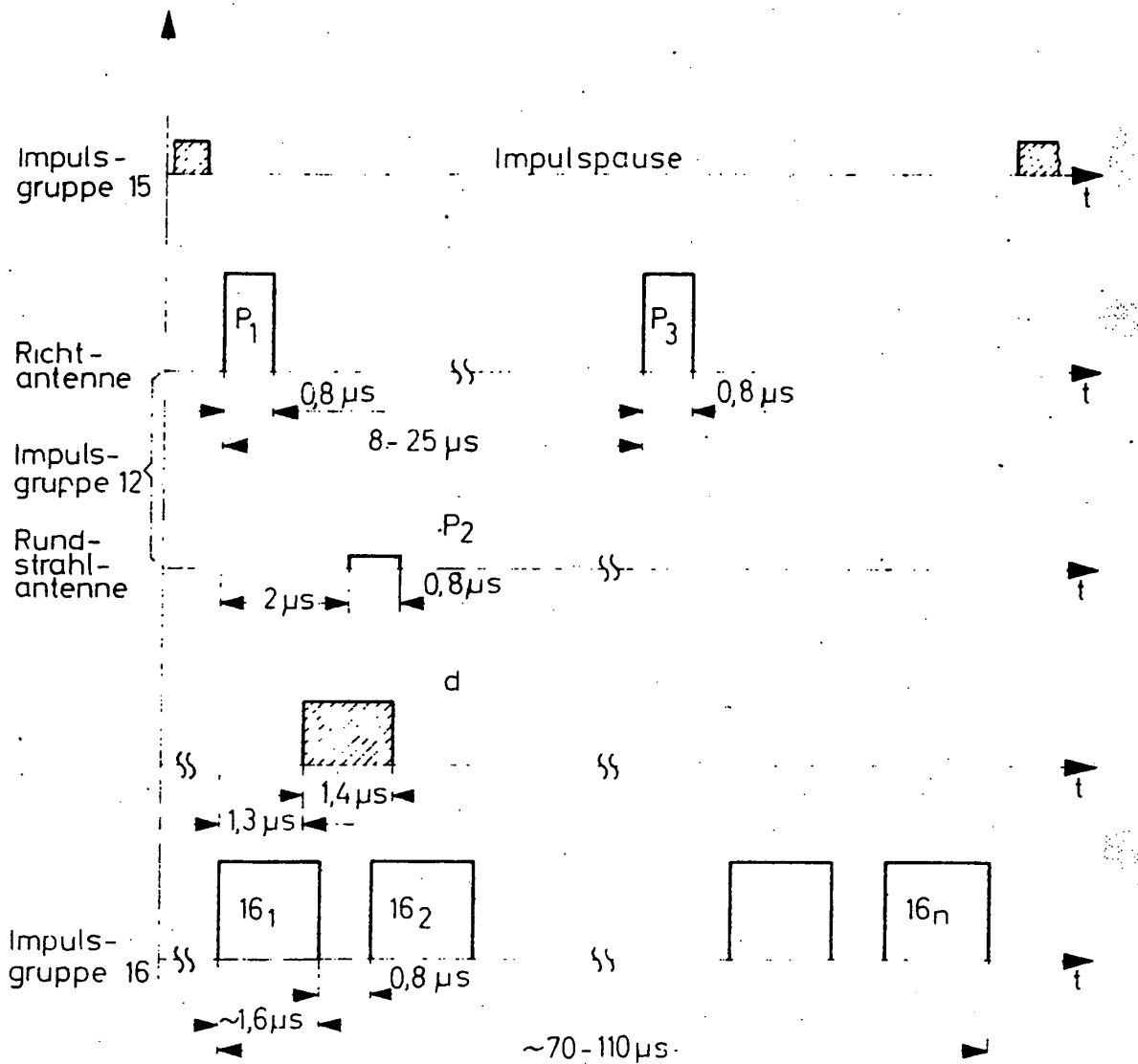


Fig. 4



309812/1051